

# EUROPEAN PATENT OFFICE

B1

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 63045763  
PUBLICATION DATE : 26-02-88

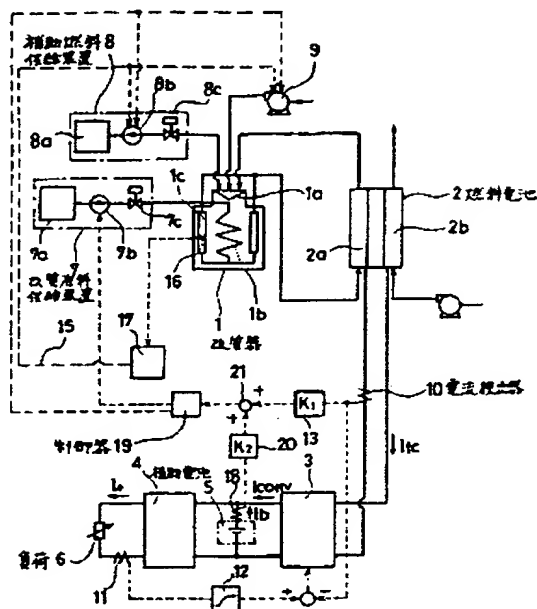
APPLICATION DATE : 12-08-86  
APPLICATION NUMBER : 61189040

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : OOOYAMA ATSUTOMO;

INT.CL. : H01M 8/04 H01M 8/06

TITLE : OPERATION CONTROLLER OF FUEL CELL POWER GENERATING PLANT



**ABSTRACT :** **PURPOSE:** To adequately retain the reforming reaction temperature by installing a control system in which load variation is detected and the amount of reforming raw material supplied to a reformer and the amount of auxiliary fuel supplied to a burner are feedforward-controlled based on the detected value.

**CONSTITUTION:** During operation of a power generating plant, when load is sharply increased, the output of an inverter 4 is increased, and load current  $I_o$  is increased, the supply amount of reforming raw material is increased by feedforward-control before increase in the output current of a fuel cell 2. For the amount of auxiliary fuel and combustion air supplied to a burner 1a in a reformer 1, when load is sharply increased, the variation of load current is detected, and a control signal is sent to a fuel pump 8a of an auxiliary fuel supplier 8 and an air blower 9 through an output controller 19, and the supply amount of auxiliary fuel and the supply amount of combustion air multiplied by a specified excess air rate are feedforward-controlled so as to increase according to the variation rate of the load current. The supply amount of auxiliary fuel is controlled to be decreased, the excess heating value of the burner is retarded, and the temperature of reforming catalyst layer is adequately retained.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-45763

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

H 01 M 8/04  
8/06

識別記号

庁内整理番号

P-7623-5H  
R-7623-5H

⑬ 公開 昭和63年(1988)2月26日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 燃料電池発電プラントの運転制御装置

⑰ 特 願 昭61-189040

⑱ 出 願 昭61(1986)8月12日

⑲ 発 明 者 氏 家 孝 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 発 明 者 広 田 俊 夫 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 発 明 者 鴨 下 友 義 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 発 明 者 大 内 崇 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑳ 出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 山口 巖  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称 燃料電池発電プラントの運転制御装置

2. 特許請求の範囲

1) 改質原料を改質して水素ガスを生成する改質器と、該改質器に対応付設した改質原料供給装置、補助燃料供給装置と、前記改質器で得た水素ガスを燃料として発電を行う燃料電池と、および該燃料電池の出力側に接続した補助電池とを組合せて構成した燃料電池発電プラントにおいて、負荷変動を検出し、該検出値を基に改質器へ供給する改質原料供給量、およびそのバーナに供給する補助燃料供給量を負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備えたことを特徴とする燃料電池発電プラントの運転制御装置。

2) 特許請求の範囲第1項記載の運転制御装置において、負荷変動の検出値が燃料電池の出力電流値に比例した信号と、補助電池の出力電流値に比例した信号とを加算したものであることを特徴とする燃料電池発電プラントの運転制御装置。

3. 発明の詳細な説明

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃料電池発電プラント、特に急激な負荷増加に対応させるために燃料電池の出力側に鉛電池等の補助電池を接続したハイブリッド方式を対象とする燃料電池発電プラントの運転制御装置に関する。

【従来技術とその問題点】

新しい発電装置としての燃料電池発電プラントは、その高い発電効率が得られることから移動用電源、離島用電源等、各種電源としてその用途の拡大が図られるようになっている。

ところで燃料電池発電プラントは、メタノール、天然ガス等を原料として水蒸気改質により水素リッチなガスを生成する改質器、該改質器で得られた水素を燃料として発電を行う燃料電池、および燃料電池の直流出力を交流に変換する装置等から成り、改質器で生成した水素ガスは燃料電池の負荷および水素利用率に応じて燃料電池内部で消費され、余剰の水素はオフガスとして改質器へ導か

れた上でバーナで燃焼され、改質エネルギーとして消費されることは周知の通りである。したがって燃料電池を効率良くかつ安定に運転するには、改質器への改質原料供給量を負荷に対応して各部のバランスを保ちつつ過不足無しに適正、かつ迅速にコントロールすること、および改質器における改質反応温度を負荷変動に関係なく常に適正温度に維持することが発電プラントのトータル制御面で極めて重要である。

かかる点、発電プラントの構成要素である燃料電池、電力変換装置は負荷範囲も広く、応答も早い、改質器は一種の化学反応装置であり、その系内の配管も長く、かつ複雑な熱交換を行うことから、一般的に応答速度は燃料電池、電力変換装置に比べて大幅に遅い。したがって発電プラントのトータル制御面では、燃料電池の負荷が殆ど変化の無い、或いは負荷変動が比較的緩やかでかつその負荷変動が予測できるような運転条件では、負荷範囲の拡大にも比較的容易に対処できるが、負荷が急激に変動する場合には負荷変動に追従し

て迅速に制御することが困難である。特に負荷が急激に増大した場合に燃料電池の出力電流を急激に増加させようとする、改質器から燃料電池へ供給する燃料ガスが負荷の急増に追従できず、発電に必要な燃料ガス量が不足していわゆるガス欠状態となり正常な発電が継続できなくなる他に、改質器側では負荷変動に伴う改質原料供給量、燃料電池側から戻るオフガス量等の変化から改質運転の必要熱量と改質器のバーナ発熱量との間に差異が生じ改質反応温度を適正温度に維持することが困難となる。

このために従来では、燃料電池発電プラントを特に負荷変動が多い負荷の電源として使用する場合には、あらかじめ燃料電池における水素消費率を低く設定する、あるいは改質ガス供給ラインに改質ガスを貯留しておくバッファタンクを介装しておく等の方式が知られているが、前者の方式では余分に原料を改質するのでプラント全体としての効率が低くなり、また後者の方式では設備が大形化する難点がある。そこで負荷変動、特に負荷

増加に対して燃料電池の出力電流が急激に増加するのを抑えるようにしつつ、一方では過渡的に不足する燃料電池の出力を補うために燃料電池の出力側に例えば鉛電池等の補助電池を接続し、改質原料供給量の増量制御により燃料電池の出力が増加するまでの間の供給電力不足分を補助電池から給電するようにしたハイブリッド方式が提唱されている。

ここでメタノールを改質原料とする従来における上記ハイブリッド方式燃料電池発電プラントの負荷変動に関連した制御システムを第2図に示す。図において1は改質器、2は燃料電池、3は燃料電池2の出力側に接続したDC/DCコンバータ、4は直流/交流変換用インバータ、5は補助電池、6が負荷であり、改質器1に対応して改質原料供給装置7、補助燃料供給装置8、燃焼空気供給装置としての空気ブロー9等が付設されている。一方、改質器1はバーナ1aを装備の炉内に気化器1b、改質触媒を充填した改質反応管1cを内蔵して成り、気化器1bの入口側に前記の改質原料供給装置7が

接続され、改質反応管1cの出口が燃料電池2の燃料極2aに接続配管されている。なお2bは空気極である。一方、改質器のバーナ1aには前記の補助燃料供給装置8、空気ブロー9、および燃料電池2の燃料極側から引き出したオフガス管が接続されている。なお改質原料供給装置7は改質原料タンク7a、原料ポンプ7b(可変速ポンプ)、弁7c等を装備し、補助燃料供給装置8は補助燃料タンク8a、燃料ポンプ8b(可変速ポンプ)、弁8c等を装備してなる。

かかる構成の燃料電池発電プラントの運転動作については周知であり、改質器1のバーナ1aに供給した補助燃料、オフガス、燃焼空気を燃焼して燃焼して改質エネルギーを与え、この状態で改質器1へ改質原料を導入することにより、改質原料は気化し、さらに改質触媒との接触反応により水素リッチなガスに改質されて燃料電池1の燃料極1aへ供給される。また燃料電池の余剰ガスはオフガスとして改質器1のバーナ1aに供給して燃焼され、改質エネルギーとして消費される。一方、燃

料電池1の直流出力はDC/DCコンバータ3で負荷側の電圧に整合され、さらにインバータ4で交流に変換して負荷6に給電される。また補助電池5は負荷の急激な増加の際に一時的に燃料電池の出力不足分を補って負荷へ放電する。またこの場合に燃料電池1の出力急増を抑えて緩やかに出力を増加させるよう、燃料電池の出力電流11cの検出値と負荷電流10の検出値との間の偏差でDC/DCコンバータ3の出力を制御するようにしている。なお10は燃料電池の出力電流検出器、11は負荷電流検出器、12は関数発生器である。

一方、負荷の増減に対応して改質原料供給量を制御するために、燃料電池の出力電流値を基に制御器13を介して改質原料供給装置7の原料ポンプ7bをフィードバック制御する制御系14が設けてある。さらに改質器1のバーナ1aに対しては改質触媒層の温度検出値を基にフィードバック制御により補助燃料供給量、燃焼空気供給量を制御して改質反応温度を適正温度に保持するように制御系15が設けてある。なお16は改質反応管1cに配備した

温度検出センサ、17は制御器である。

しかして上記した従来の制御システムでは、改質原料の供給量に関しては、燃料電池の出力電流検出値を基にフィードバック制御しており、このために燃料電池の出力電流増加に対する改質原料供給量を増加させる制御応答が常に遅れるようになる。さらに改質原料源から改質器を経て燃料電池に至る間の配管経路はかなり長いく、このために負荷増大に応じて改質原料の供給量を増量した際に改質器へ供給した改質原料が気化し、改質触媒層で改質された後に改質ガスが燃料電池の電極へ供給されるまでにはかなりの時間的遅れが生じるようになる。この結果として燃料電池出力の不足分を補って補助電池から負荷へ供給する電力量が大となりことから、補助電池としては大容量の電池が必要となって発電プラント設備が大形化する。さらに改質原料供給量、燃焼空気供給量は改質反応管の温度検出値を基にフィードバック制御するようにしており、このために負荷の急激な変動に対しては改質器のバーナに供給される燃料電

池側からのオフガス量の変動もあって改質原料の供給量とバーナ燃焼により発熱量とのヒートバランスが過渡的に崩れ、特に負荷上昇時には気化器、改質触媒層の温度低下を招き、気化不足から燃料電池側に供給する改質ガスに脈動を生じたり、改質原料の改質率を低下させる。また逆に負荷の減少時にはオフガス量が増加することから改質器の触媒層が過熱して改質触媒の劣化を早める等の不具合が派生する。

ここで負荷変動に対する燃料電池、補助電池の出力、および改質原料供給量、バーナ発熱量、改質触媒層温度の応答特性を第3図に示すと、前記した従来の制御方式での応答特性は図中に点線で示した特性線イ、ロ、ハ、ニ、ホのようになる。すなわち改質器固有の応答遅れ、およびフィードバック制御方式による制御上での応答遅れから、負荷の急増時には燃料電池の出力を負荷増大に追従して迅速に増加させることができず、燃料電池の出力不足分を補って補助電池から負荷へ給電する放電量が大きくなるために補助電池として大容量

の電池が必要となって発電プラント設備が大形、コスト高となるし、さらに過渡的に改質器のバーナ発熱量不足からヒートバランスが崩れて改質触媒層温度が適正値よりも低下するし、また負荷の急減時には逆にバーナ発熱量が過剰となって改質触媒層が過熱状態となる等、発電プラントのトータル制御面で負荷変動に追従して応答性よく安定した運転状態を維持することが極めて困難である。

#### 【発明の目的】

この発明は上記の点にかんがみなされたものであり、補助電池を装備のハイブリット方式の燃料電池発電プラントを対象に、従来の制御方式の欠点を除去し、急激な負荷変動に対処して燃料電池の迅速な出力追従性、および改質器における改質反応温度の適正温度維持が図れるようにした制御応答性の高い燃料電池発電プラントの運転制御装置を提供することを目的とする。

#### 【発明の要点】

上記目的を達成するために、この発明は負荷変動を検出し、該検出値を基に改質器へ送り込む改

質原料供給量、およびそのバーナに供給する補助燃料供給量を負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備えて制御を行うことにより、負荷変動に対する改質器へ供給する改質原料、補助燃料の供給量を時間的遅れ無しに迅速に追従制御して制御応答性の向上を図り、特に負荷急増時における燃料電池の出力増加速度を高めて補助電池の電池容量を低減できるようにするとともに、改質器では応答性よくヒートバランスを保って触媒層温度を通正温度に安定維持できるように燃料電池発電プラント全体でのトータル制御の向上を図るようにしたものである。

#### 【発明の実施例】

第1図はこの発明の実施例による燃料電池発電プラントの運転制御系統図を示すものであり、発電プラントの基本構成は第2図と同一である。ここでこの発明により、運転制御装置が燃料電池の出力回路に介挿の電流検出器10、および補助電池の回路に介挿の電流検出器18で検出した燃料電池の出力電流 $I_{fc}$ 、および補助電池の出力電流 $I_b$ に

力電圧)

となる。

一方、改質原料の供給量 $F$ は先記した制御系14により $F = K1I_{fc} + K2I_b$ となるようにフィードフォワード制御される。これにより負荷電流が増大すれば、燃料電池の出力増加を待たずに補助電池からの出力に対応して直ちに改質原料供給量 $F$ が増加するようになる。

したがって発電プラントの運転中に負荷が急増し、これに対応してインバータ4の出力アップにより第3図のように負荷電流 $I_o$ が増加すると、改質原料供給量 $F$ は燃料電池の出力電流の上昇に先立ちフィードフォワード制御により特性線(チ)で示すように直ちに増量制御されるようになる。またこれにより改質器1から燃料電池2への水素ガス供給量も応答遅れ無しに早期に増大するので負荷急増に伴う燃料電池出力電流の立上がり特性も実線で示す特性線(へ)のように従来(イ)と比べて大幅に改善され、かつ燃料電池の出力電流が立上がった定常状態の時点では $V_o I_o = V_b I_{conv}$

比例する信号を加算して負荷変動を検出し、この検出値をフィードフォワード信号として出力制御器19を介して改質原料供給装置7の原料ポンプ7b、補助燃料供給装置8の燃料ポンプ8b、燃焼空気供給装置としての空気ブロア9を運転制御するフィードフォワード制御系として構成されている。なお13、20はそれぞれ燃料電池2の出力電流に比例した信号、および補助電池5の出力電流に比例した信号を出力する制御器、21は前記各信号の加算器である。

次に上記した制御系の制御動作について説明する。まずDC/DCコンバータ3、インバータ4の損失を無視した条件では負荷電流 $I_o$ 、DC/DCコンバータの出力電流 $I_{conv}$ 、補助電池出力電流 $I_b$ の間の関係式は、

$$V_o I_o - V_b I_{conv} = V_b I_b \quad (V_o \text{ は負荷電圧, } V_b \text{ は補助電池の端子電圧})$$

であり、また燃料電池の出力電流 $I_{fc}$ に対応するDC/DCコンバータの出力電流 $I_{conv}$ は、

$$I_{conv} = (V_{fc} / V_b) I_{fc} \quad (V_{fc} \text{ は燃料電池の出}$$

となって負荷への給電が全て燃料電池の出力で賄われるので、補助電池の出力電流 $I_o = 0$ となる。したがって補助電池からの出力は特性線(ト)で示すように極短い時間幅に限られ、かつその放電容量も従来の特性(ロ)と比べて斜線範囲分だけ少なくて済み、これにより補助電池5の電池容量を低減できる。また燃料電池の出力が増加した定常運転状態になれば改質原料供給量 $F$ は $F = K1I_{fc}$ となり、以降は改質原料供給量が燃料電池2の出力電流に比例して供給され、安定した発電が継続できるようになる。

さらに改質器1のバーナ1aに供給する補助燃料および燃焼空気供給量に付いて、負荷急増時にはその負荷電流の変動を検出し、出力制御器19を介して制御信号を補助燃料供給装置8の燃料ポンプ8aおよび空気ブロア9に与えて補助燃料供給量およびこれに所定の過剰空気率を掛けた燃焼空気供給量が負荷電流の変化割合に応じて増量するようにフィードフォワード制御される。これにより燃料電池2より改質器1のバーナに供給されるオフ

ガス量の減少、改質原料供給量の増大に伴うバーナ発熱量の不足を補って第3図の特性線(リ)で示すようにバーナ発熱量を迅速に高めて改質器のヒートバランスを保ち、特性線(ヌ)で示すように改質反応温度の大幅な低下を防ぎ、高い改質効率を維持して改質器を安定よく継続運転できる。またこれにより燃料電池の出力を負荷増加に追従して時間的遅れ無しに早期に上昇させることができるようになる。なお燃料電池の出力が上昇して定常運転状態になれば、その後は制御系15により改質触媒層の検出温度を基に補助燃料供給量を制御して改質触媒温度を一定に保つ。また負荷の減少時には燃料電池の出力電流 $I_{fc}$ が減少するので、前記と同様に負荷電流変動を検出してフィードフォワード制御により逸早く補助燃料供給量を流量制御することにより、バーナ発熱量の過剰を抑えて改質触媒層温度を適正温度に維持し、触媒層の過熱を未然に防止できるようになる。

なお図示実施例では負荷変動を燃料電池2の出力電流 $I_{fc}$ と補助電池5の出力電流 $I_o$ との検出値

を加算して得るようにした方式を示したが、この代わりにインバータ4の出力電流を検出してフィードフォワード制御しても同様な制御を行うことが可能である。

#### 【発明の効果】

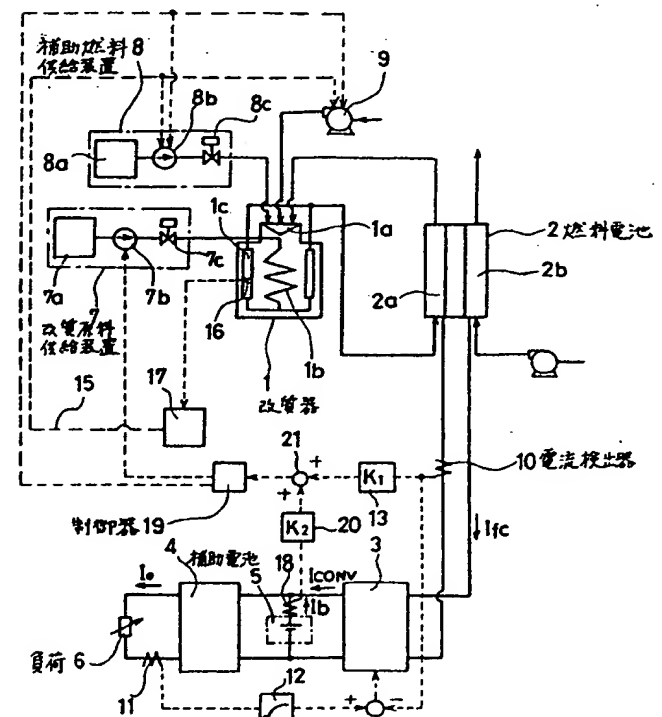
以上述べたようにこの発明によれば、負荷変動を検出し、該検出値を基に改質器へ供給する改質原料供給量、補助燃料供給量を負荷変動に応じてフィードフォワード制御する制御系を備えたことにより、まず負荷が急激に増加変動した際には燃料電池の出力増加を待たずに改質原料供給量を直ちに増量制御して燃料電池の出力立上がり、つまりその出力電流を負荷変動に追従して迅速に増加させることができ、したがって燃料電池の過渡的な出力不足分を補うように燃料電池の出力側に接続した補助電池の電池容量を従来のものと比べて大幅に低減することができる。とともに、一方では負荷の増減変動に伴う改質器の触媒層温度の大幅な変化を抑えるようにヒートバランスを保って改質反応温度を常に適正温度に保持できるなど、補

助電池を装備したハイブリッド方式の燃料電池発電プラントを対象に負荷変動に対する制御応答性の高い運転制御装置を提供することができる。

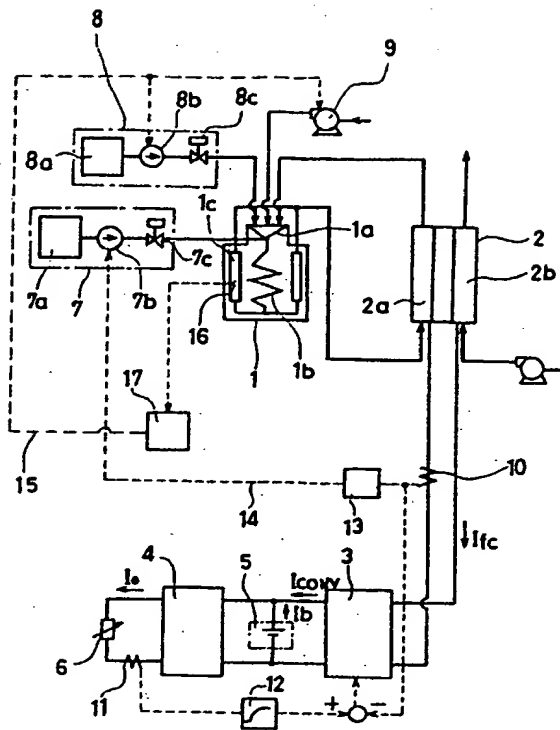
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図、第2図はそれぞれ本発明の実施例および従来における燃料電池発電プラントの制御系統図、第3図は負荷変動に伴う第1図、第2図の制御応答特性図である。各図において、

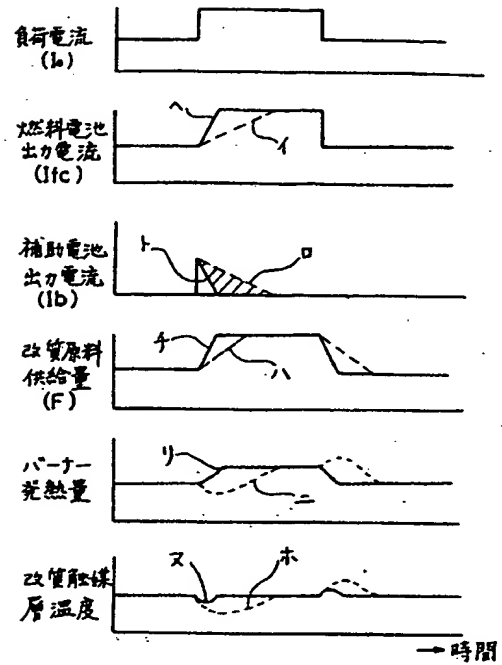
1：改質器、2：燃料電池、5：補助電池、6：負荷、7：改質原料供給装置、8：補助燃料供給装置、9：燃焼空気供給装置、10：燃料電池の出力電流検出器、14：改質原料供給量の制御系、18：補助電池の出力電流検出器、19：出力制御器、21：信号加算器、 $I_o$ ：負荷電流、 $I_{fc}$ ：燃料電池の出力電流、 $I_b$ ：補助電池の出力電流。



第1図



第 2 図



第 3 図

第 1 頁の続き

⑦発 明 者 大 山 教 智 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内